

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫

⑪

Patentschrift
DE 3841 902 C 1

⑲ Aktenzeichen: P 38 41 902.5-24
⑳ Anmeldetag: 13. 12. 88
㉑ Offenlegungstag: —
㉒ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 11. 89

⑤ Int. Cl. 4:

B22F 3/10

A 61 C 5/00
A 61 C 13/00

DE 3841 902 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:

Degussa AG, 6000 Frankfurt, DE

⑧ Erfinder:

Groll, Werner, Dipl.-Ing. Dr., 8755 Alzenau, DE;
Klaus, Angela, 8450 Hanau, DE; Lange, Thomas, 6000
Frankfurt, DE

⑨ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 19 15 977 B2
DE 35 32 331 A1
US 48 61 071

⑤ Verfahren zur Herstellung eines gesinterten Zahnersatzes

Einen aus Edelmetallpulvermischungen mit bi- oder mehrmodaler Teilchengrößenverteilung gesinterten Zahnersatz mit sehr hohen Dichtewerten erhält man, wenn das Trocknen und Sintern auf bestimmte Weise durchgeführt wird. Dazu wird der aus einem Schlicker hergestellte getrocknete Zahnersatz 5 bis 45 Minuten zwischen 100 und 400° C wärmebehandelt, danach mit einer mittleren Temperaturerhöhung von 50 bis 300 K/min auf 800° C erhitzt und mit 20 bis 200 K/min auf die Sintertemperatur gebracht. Diese liegt zwischen ($T_{\text{solidus}} - 200$) und ($T_{\text{solidus}} - 70$), wobei T_{solidus} die Solidustemperatur der gesinterten Legierung ist. Das Abkühlen muß unter Vakuum oder einem Schutzgas erfolgen.

DE 3841 902 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines gesinterten Zahnersatzes mit metallischer Gefügematrix aus einer Edelmetall- oder Edelmetalllegierungspulvermischung mit bi- oder mehrmodaler Teilchengrößenverteilung und vorwiegend kugelliger Gestalt, die mit einer im wesentlichen aus Wasser bestehenden Anmischflüssigkeit zu einem modellierfähigen und durch Austreiben der Anmischflüssigkeit verdichtbaren Schlicker angerührt wird, mit dem der Zahnersatz auf einem als Brennträger dienenden Modell der zu versorgenden Zähne mit der bei Dentalkeramik üblichen Technik modelliert und anschließend auf dem Modell in einer Graphitbox oder unter Schutzgas gesintert wird.

Die Herstellung metallischen Zahnersatzes zur prothetischen Versorgung bei Zahnerkrankungen bzw. nach Verlust eines oder mehrerer Zähne, wie z. B. Inlays, mit Keramik oder Kunststoff verblendbare oder nicht verblendete Kronen und Brücken, erfolgt üblicherweise mit dem sogenannten "Wachsausschmelzverfahren", einer Feingießtechnik, die hohe Maßhaltigkeit gewährleistet.

Die Vorteile der so hergestellten Kronen und Brücken sind neben der Maßhaltigkeit vor allem in der hohen Festigkeit und der vorhandenen Duktilität zu sehen, die bei größeren Brückenkonstruktionen zur Vermeidung von Gewaltbrüchen bei Überbelastung gewährleistet sein müssen. Dagegen ist das Verfahren selbst sehr zeitraubend, material- und geräteintensiv. Die Notwendigkeit der Verwendung von Angußkanälen und Gußkugel verursacht einen gegenüber dem Gewicht des Gußobjektes deutlich erhöhten Materialeinsatz, der bei mehrmaliger Wiederverwendung zu Veränderungen der Legierungseigenschaften führen kann, und — falls er nicht wiederverwendet wird — als Schrott zurückbleibt. Ein weiterer Nachteil dieser Technik ist, daß bei Fehlern im Gußobjekt eine Reparatur nicht möglich ist, sondern der gesamte Herstellungsprozeß, beginnend bei der Wachmodellation, wiederholt werden muß.

Die DE-OS 19 15 977 beschreibt ein Verfahren zur sintertechnologischen Herstellung von metallischem Zahnersatz, bei dem mit einer Paste, die aus Metallpulver mit einer Partikelgröße zwischen 2 und 25 µm und einem als Kleber fungierenden Bindemittel besteht, der Zahnersatz auf einem Modell der zu versorgenden Zähne modelliert und anschließend gesintert wird. Der Nachteil des Verfahrens liegt in der schlechten Verdichtbarkeit der beschriebenen Pasten, da der als Kleber wirkende Binder nicht durch Verdichtungsverfahren, wie Riffeln oder Rütteln, ausgetrieben werden kann. Da weiterhin von einer Pulverfraktion ausgegangen wird, ist die Dichte des Grünlings gering. Dies hat zur Folge, daß beim Sintern eine sehr große Schrumpfung und eine demzufolge nicht tolerierbare Paßgenauigkeit auftritt. Die Verwendung von sehr feinen Pulvern zwischen 2 und 25 µm gewährleistet zwar eine sehr hohe Sinteraktivität, verursacht aber zusätzlich hohe Herstellungskosten.

Das in der US-Patentschrift 46 61 071 beschriebene Verfahren zur sintertechnologischen Herstellung von metallischem Zahnersatz benutzt Pulver mit einer Größe von 5–90 µm — angeteigt mit einem geeigneten Binder — für die Modellation des metallischen Zahnersatzes auf einem Modell der zu versorgenden Zähne. Für die Herstellung des Modells ist eine spezielle, gießbare und selbst erhärtende Stumpfmasse notwendig; die vor dem Auftragen des Metallpulvers bei 1400°C–1460°C gebrannt werden muß.

Da herkömmliche Dentalkeramikaufbrennöfen Maximaltemperaturen bis ca. 1200°C erreichen, ist hierfür ein Spezialofen erforderlich. Zum Sintern des Metallpulvers wird ein Flüssigphasensinterprozeß unter einem Vakuum von 1 HPa bis 10⁻² HPa verwendet. Da herkömmliche Dentalkeramik-Aufbrennöfen dieses Vakuum nicht erreichen, ist ebenfalls ein spezieller Vakuumofen nötig. Öfen mit Maximaltemperaturen bis 1400°C und Öfen, die ein gutes Vakuum bei hohen Temperaturen gewährleisten, sind sehr viel teurer als normale Keramik-Aufbrennöfen, so daß die Anwendung dieser Verfahren beim Zahntechniker eine teure Geräteinvestition erfordert. Die Verwendung des Flüssigphasensinterprozesses führt außerdem zu Problemen bezüglich der Formstabilität während des Sinterns. Um eine möglichst schnelle Verdichtung durch eine Umordnung der festen Bestandteile zu erhalten, ist ein Flüssigphasenanteil von mindestens 30–35% notwendig. (R. M. German. Liquid Phase Sintering. Plenum Press, N. Y.) Seiten 4.6.80). Analog dem Verhalten von Dentalaufbrennkeramik ist mit einer Abrundung bzw. Abflachung von sehr graziellen Details, z. B. einer Okklusalfäche zu rechnen, was zu Problemen bezüglich der Kontaktpunkte führen kann und unter Umständen eine erhebliche Nachbearbeitung erfordert.

In der DE-OS 35 32 331 wird ein Verfahren zur sintertechnologischen Herstellung von metallischem Zahnersatz beschrieben, das unter Verwendung einer Pulvermischung mit mehrmodaler Größenverteilung, die mit Wasser in einen modellierfähigen und verdichtbaren Schlicker überführt wird, eine gezielt hohe Dichte des Grünlings erreicht und bei dem die Schrumpfung während des Sinterns dementsprechend gering bleibt. Dies ist für die Erzielung einer guten Paßgenauigkeit vorteilhaft. Die Verwendung von Wasser als Anmischflüssigkeit und einer Konsistenz, die der von Dentalverblendkeramikscllickern sehr ähnlich ist, erlaubt eine zusätzliche Verdichtung durch Austreiben der Flüssigkeit mit der bei Dentalkeramik üblichen Technik (Riffeln etc.). Der Sinterprozeß ist ohne größeren Aufwand in einem herkömmlichen Dentalkeramik-Aufbrennofen durchführbar. Dies kann einerseits durch Verwendung einer Graphitbox erreicht werden, in der sich der modellierte und zu sinternde Zahnersatz befindet. Diese Graphitbox wird in einen üblichen Dentalkeramik-Aufbrennofen gestellt und gewährleistet bei der Sintertemperatur einen Schutz gegen die Oxidation von Nichtedelmetallbestandteilen der Legierung. Andererseits kann durch Einleiten von Schutzgas in den Keramik-Aufbrennofen ebenfalls eine ausreichende Reduzierung des Sauerstoffpartialdruckes erreicht werden. Nach dem Sintern wird der Zahnersatz in der Graphitbox an Luft abgekühlt.

Als Nachteile des Verfahrens bei Verwendung von Pulvermischungen aus verdüsten, vorwiegend kugelligen Edelmetall-Legierungen und gefällten, sehr feinen, vorwiegend kugelligen Edelmetallpulvern stellte sich heraus, daß mit den dort beschriebenen Sinterparametern keine maximalen Dichtewerte im gesinterten Zustand erreichbar sind und daß insbesondere bei mehrfachem Sintern die Dichte des gesinterten Zahnersatzes deutlich abfällt. Mehrfaches Sintern kann aber notwendig sein bei der Herstellung von Brücken in mehreren Arbeits-

schritten oder bei Randkorrekturen.

Es war daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 zu entwickeln, mit dem optimale Dichtwerte im gesinterten Zustand zu erreichen sind, insbesondere beim Mehrfachsintern, unter Verwendung gebräuchlicher Geräte und Techniken.

Diese Aufgabe wird mit den Maßnahmen des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens zur Herstellung von gesintertem Zahnersatz ergeben sich aus den Maßnahmen der Unteransprüche.

Der modellierte und verdichtete Zahnersatz wird nach einer Trocknung an der Luft (5 bis 25 min) beispielsweise in einer Graphitbox gestellt und in einem Temperaturbereich zwischen 100° und 400°C 5–45 min wärmebehandelt. Danach wird mit einer mittleren Temperaturerhöhung von 50 bis 300 K/min bis auf 800°C und mit 20 bis 200 K/min an Luft oder unter Schutzgas von der Vorwärmtemperatur auf die Sintertemperatur T erhitzt, die zwischen $(T_{\text{solidus}} - 200^\circ\text{C})$ und $(T_{\text{solidus}} - 70^\circ\text{C})$ liegt, wobei T_{solidus} die Solidustemperatur der gesinterten Legierung ist. Bei dieser Temperatur wird 5 bis 45 min an Luft oder unter Schutzgas gesintert und anschließend im Temperaturbereich unterhalb 900°C unter einem Vakuum von 1–50 HPa oder unter Schutzgas abgekühlt. Nach der Abkühlung kann der Zahnersatz der Graphitbox entnommen werden.

Vorzugsweise wird das Aufheizen auf Sintertemperatur und das Sintern in der Graphitbox an Luft, die Abkühlung im Temperaturbereich unterhalb 900°C unter Vakuum durchgeführt. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Verwendung von im Dentallabor üblicherweise vorhandenen Geräten und bezüglich der Kosten von Vorteil.

Bevorzugte Zeiten für die Wärmebehandlung zwischen 100°C und 400°C und das Sintern liegen bei 5–25 min bzw. 10–30 min.

Bei Verzicht auf das Arbeiten in einer Graphitbox muß unter Schutzgas gearbeitet werden, wobei der Sauerstoffpartialdruck weniger als 5×10^{-2} HPa betragen sollte. Dies ist z. B. bei Verwendung von Argon mit technischer Reinheit gewährleistet. Durch relativ einfache Umbauten eines gebräuchlichen Keramikofens ist dies realisierbar.

Ein besonderer Vorteil dieses Verfahrens ist, daß mit den genannten Parametern — insbesondere der Vakuumkühlung — auch nach mehrfachem Sintern eine ausreichend hohe Dichte, gepaart mit geschlossener Porosität, erreicht wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Mischung aus vorwiegend kugelförmigen Pulvern mit bi- oder multimodaler Verteilung verwendet. Diese Pulvermischung wird mit einer Anmischflüssigkeit, die vorwiegend aus Wasser besteht, aber auch geringe Zusätze von Elektrolyten, wie z. B. Strontiumchlorid, Kupferchlorid oder Ammoniumnitrat, ein- oder mehrwertige Alkohole, Cellulose oder Polyethylenglykol enthalten kann, zu einem Schlicker mit Hand oder mit einem hierfür geeigneten Rührer angemischt, dessen Konsistenz und Modellationseigenschaften denen von üblicher Dental- bzw. Verblendkeramik entsprechen.

Der so präparierte Schlicker wird mit der bei Dentalkeramik üblichen Technik auf ein hochtemperaturfestes Modell der zu versorgenden Zähne aufgetragen und dort durch bekannte Techniken (z. B. Rütteln mit dem Riffelteil eines Modellierinstrumentes, Ultraschall etc.) verdichtet. Dabei tritt die Flüssigkeit an die Oberfläche, die mit einem Tuch abgesaugt oder im warmen Luftstrom getrocknet wird. Vor dem Auftragen des Schlickers empfiehlt es sich, den Stumpf mit Flüssigkeit zu tränken oder zu isolieren, damit dem Schlicker die Feuchtigkeit nicht vom Stumpf entzogen wird.

Der zu hoher Rohdichte verdichtete Grünling wird zunächst an Luft auf dem Modell ca. 5–25 min stehen gelassen, um langsam abzutrocknen. Dies kann auch auf der Deckplatte eines Keramikofens geschehen, der normalerweise eine Temperatur $\leq 50^\circ\text{C}$ aufweist. Danach wird der auf dem Modell befindliche Zahnersatz in eine Graphitbox gegeben, die ihn vollständig umschließt.

Der Zahnersatz wird dann in einem Ofen bei einer Temperatur zwischen 100 bis 400°C 5–45 Minuten wärmebehandelt. Diese Wärmebehandlung dient dazu, evtl. noch vorhandene Feuchtigkeit oder organische Verunreinigungen zu entfernen. Führt man diese Wärmebehandlung vor dem eigentlichen Sintern nicht durch, so kommt es zu Rißbildung in den Kronenwänden. Überschreitet man die Temperaturen von 400°C und hält die Temperatur entsprechend den angegebenen Zeiten, so kommt es zu einem drastischen Abfall der Dichte des gesinterten Zahnersatzes.

Nach der Wärmebehandlung wird die Graphitbox mit dem darin befindlichen Zahnersatz auf die Sintertemperatur aufgeheizt. Dabei ist es für das Erreichen einer ausreichend hohen Sinterdichte notwendig, den Temperaturbereich zwischen 400°C und 800°C mit einer mittleren Aufheizgeschwindigkeit von mehr als 50 K/min zu überbrücken, insbesondere mit 50 bis 300 K/min.

Kleinere Aufheizgeschwindigkeiten führen zu einer reduzierten Dichte. Oberhalb 800°C wird die mittlere Aufheizgeschwindigkeit günstigerweise zwischen 20 und 200 K/min gewählt, was auch im Hinblick auf die gesamte Sinterdauer zu vertretbaren Zeiten führt.

Die Dichte des gesinterten Zahnersatzes ist abhängig von der Sintertemperatur T . Überraschenderweise hat sich nun gezeigt, daß die Dichte in einem Temperaturbereich zwischen $(T_{\text{solidus}} - 200^\circ\text{C})$ und $(T_{\text{solidus}} - 70^\circ\text{C})$ ein Maximum aufweist, wobei die genaue Lage wiederum von der speziellen Legierung abhängt. Das Maximum erstreckt sich über einen Temperaturbereich von 20–50°C, wobei nach Überschreitung des Maximums ein sehr starker Abfall der Dichtewerte beobachtet wird. Zwei typische Kurven für zwei Pulvermischungen sind in der Abbildung zu sehen.

Das Sintern des Zahnersatzes in der Graphitbox kann an Luft oder unter Schutzgas durchgeführt werden. Vorzugsweise wird an Luft gesintert, da die erhaltenen Ergebnisse nicht schlechter sind als unter Schutzgas und der apparative Aufwand vergleichsweise geringer ist.

Die Sinterdauer beträgt 5–45 min, wobei im Regelfall bei Sinterzeiten zwischen 10 und 30 min bereits die maximale Dichte erreicht wird.

Eine Abkühlung des gesinterten Zahnersatzes in der Graphitbox an Luft führt zwar nach dem ersten Sinterschritt zu hohen Dichten. Für die Herstellung von Brücken oder zur Korrektur der Okklusion, der Kontaktpunkte oder des Randschlusses muß jedoch ggf. ein zweiter Sinterschritt angeschlossen werden. Trotz gleichen Sinterzyklus nimmt die Dichte des gesinterten Zahnersatzes bei zweifachem Sintern drastisch ab.

- 5 Überraschenderweise hat sich nun gezeigt, daß durch Abkühlung des in der Graphitbox befindlichen Zahnersatzes unter einem Vakuum zwischen 50 und 1 HPa der Dichteabfall bei mehrfachem Sintern verhindert werden kann. Entscheidend ist, daß das geforderte Vakuum vorhanden ist, bevor der Zahnersatz auf Temperatur $< 900^{\circ}\text{C}$ abgekühlt ist.

- 10 Es ist auch ein Sintern ohne Graphitbox möglich, jedoch muß dann das Sintern unter Schutzgas erfolgen, wobei die vorgenannten Temperatur- und Zeitangaben ebenso gelten. Der Sauerstoffpartialdruck in Schutzgas darf zur Erzielung einer ausreichend hohen Dichte 5×10^{-2} HPa nicht überschreiten. Die Abkühlung muß dann ebenfalls unter Schutzgas erfolgen.

Folgende Beispiele sollen das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutern:

1. Der Schlicker wird aus der Pulvermischung 1 (Tab. 2), durch Zugabe einer Anmischflüssigkeit aus 98% H_2O und 2% Polyethylenglykol in eine zum Modellieren geeignete Konsistenz überführt. Der Schlicker wird nun mit einem Pinsel auf einen mit Flüssigkeit getränkten Stumpf aufgetragen. Die Krone wird vollständig modelliert und die Form immer wieder im Artikulator überprüft.

- Durch Riffeln mit dem Modellierinstrument wird der Schlicker verdichtet. Die aus der Oberfläche austretende Flüssigkeit wird mit einem Tuch abgesaugt. Die gute Standfestigkeit des Schlickers erlaubt den Aufbau von Details der Okklusalfäche, wie Höcker oder Gräben. Nach der Verdichtung (es tritt keine Feuchtigkeit mehr aus der Oberfläche aus) kann die Oberfläche durch Schaben oder Schnitzen nachgearbeitet werden, so daß auch feine Fissuren vor dem Sintern geschaffen werden können. Die fertig modellierte Krone bleibt während des gesamten Sinterprozesses auf dem Stumpf. Zum Trocknen wird sie auf die Deckplatte eines Keramikofens gestellt und nach 15 min in eine Graphitbox gegeben. Die Graphitbox besteht aus einem Graphitboden mit entsprechender Aufnahme für den Stumpf und einem becherförmigen Graphitdecke. Die Graphitbox mit der modellierten Krone wird in einen Ofen gestellt, der gleichzeitig auf 300°C aufgeheizt wird. Nach 15 min wird die Graphitbox in einen auf 1000°C vorgeheizten Keramikofen gegeben und die Temperatur auf 1050°C erhöht. Die Sintertemperatur von 1050°C wird nach 5 Minuten erreicht, was einer mittleren Aufheizgeschwindigkeit von 150 K/min entspricht. Die Sintertemperatur von 1050°C liegt 160°C unter der T_{solidus} -Temperatur von 1210°C (siehe Tabelle 2). Nach 20 Minuten wird die Graphitbox aus dem Ofen genommen und kühlt an Luft ab. An der Okklusalfäche und in einem Randbereich sind einige kleinere Korrekturen vorzunehmen. Auf der gesinterten Krone werden anschließend wie oben beschrieben die zu korrigierenden Stellen angetragen. Danach wird die Krone unter Verwendung des oben bereits beschriebenen Sinterzyklus erneut gesintert. Die Überprüfung der Dichte ergibt einen Wert von $14,2 \text{ g/cm}^3$. Die Krone ist zu groß, weil die Abkühlung an der Luft erfolgte.

- 35 2. Analog Beispiel 1 wird eine weitere Krone hergestellt. Nach Abschluß des Sinterns bei 1050°C wird die Graphitbox mit der Krone jedoch in eine evakuierbare Abkühlkammer umgesetzt. Unmittelbar nach Umsetzen der Graphitbox wird die Abkühlkammer auf ein Vakuum von ca. 50 HPa evakuiert. Die abgekühlte Probe kann nach ca. 15 min entnommen werden. Wie in Beispiel 1 beschrieben, werden einige kleinere Korrekturen durchgeführt. Die Krone wird erneut gesintert und wiederum unter Vakuum abgekühlt. Die Stumpfmasse wird unter Verwendung eines Sandstrahlgerätes ausgestrahlt und die Dichte bestimmt. Sie beträgt nunmehr $16,1 \text{ g/cm}^3$, die Porosität ist geschlossen. Die Krone wird ausgearbeitet und poliert. Der Randspalt auf dem Meistermodell beträgt im Mittel $40 \mu\text{m}$.

3. Zur Herstellung von Inlays wird die Pulvermischung 2 (Tabelle 2) verwendet, da diese Legierung gelb ist und von vielen Patienten bevorzugt wird. Außerdem besitzt diese eine geringere 0,2%-Dehngrenze und eine erhöhte Duktilität. Dies ermöglicht ein leichteres Anfinieren der Ränder im Mund. Die Herstellung verläuft analog dem unter Beispiel 2 beschriebenen Verfahren.

- Der Sinterzyklus wird jedoch etwas geändert. Nach der Trocknung an Luft wird das auf dem Modellstumpf befindliche Inlay (in Graphitbox) auf den Brenntisch eines auf 700°C vorgeheizten geöffneten Keramik-Aufbrennofens gestellt. Auf dem Brenntisch herrscht eine Temperatur von ca. 250°C . Nach 9 min fährt der Brenntisch automatisch ein und der Ofen heizt auf die Sintertemperatur von 940°C auf. Nach weiteren 15 min kann die Probe aus dem Ofen entnommen, in die Abkühlkammer umgesetzt und dort unter Vakuum 50 HPa abgekühlt werden. Die Stumpfmasse wird ausgestrahlt, das Inlay ausgearbeitet, auf dem Meistermodellstumpf aufgesetzt und poliert. Die Dichte beträgt $17,1 \text{ g/cm}^3$, die Porosität ist geschlossen. Durch die Politur werden auch die an der Oberfläche gelegenen Poren geschlossen. Der Randspalt beträgt ca. $50 \mu\text{m}$. Die Temperaturänderungsgeschwindigkeit zwischen 400°C und 800°C betrug hierbei im Mittel etwa 120 K/min, die Temperaturänderungsgeschwindigkeit zwischen 800°C und der Sintertemperatur im Mittel 100 K/min $T_{\text{solidus}} = 1040^{\circ}\text{C}$ (Tabelle 2).

Auf die gleiche Weise lassen sich auch Palladium-Legierungen verarbeiten.

- Die Tabelle 1 gibt die Zusammensetzung der in den Beispielen verwendeten Legierungen, deren Herstellung, Kornform und Korngröße an, während Tabelle 2 die Zusammensetzung der in den Beispielen verwendeten Pulvermischungen zeigt.

- 60 Die Abbildung stellt die Abhängigkeit der Sinterdichte von Zahnersatzteilen gemäß der in Tabelle 2 enthaltenen Pulvermischungen von der Sintertemperatur dar.

Tabelle 1

Beispiele für eingesetzte Pulver

	Zusammensetzung (Massenanteil in %)	Kornform	Herstellung	Korngröße (µm)	
Legierung 1	Au 65 Pt 15 Pd 13 In 2,5 + Zusätze je < 2%	vorwiegend kugelig	Verdüsung	— *)	10
Legierung 2	Au 87 Pt 11 + Zusätze je < 2%	vorwiegend kugelig	Verdüsung	— *)	
Au-Pulver 1	Au	vorwiegend kugelig	chem. Fällung	< 5	15
Au-Pulver 2	Au	vorwiegend kugelig	chem. Fällung	< 10	

*) je nach Aussiebung, stets < 100 µm

Tabelle 2

	Komponente 1			Komponente 2			Komponente 3			$T_{solidus}^{*)}$	
	Pulver	Gehalt (%)	KG**) (µm)	Pulver	Gehalt (%)	KG (µm)	Pulver	Gehalt (%)	KG (µm)		
Pulvermischung 1	Leg. 1	80	< 63	Au 1	20	< 5				1210°C	
Pulvermischung 2	Leg. 2	85	< 50	Au 1	13	< 5	Au 2	2	< 10	1040°C	30

*) $T_{solidus}$ der gesinterten Legierung

**) KG = Korngröße

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines gesinterten Zahnersatzes mit metallischer Gefügematrix aus einer Edelmetall- oder Edelmetalllegierungspulvermischung mit bi- oder mehrmodaler Teilchengrößenverteilung und vorwiegend kugelliger Gestalt, die mit einer im wesentlichen aus Wasser bestehenden Anmischflüssigkeit zu einem modellierfähigen und durch Austreiben der Anmischflüssigkeit verdichtbaren Schlicker angerührt wird, mit dem der Zahnersatz auf einem als Brennträger dienenden Modell der zu versorgenden Zähne mit der bei Dentalkeramik üblichen Technik modelliert und anschließend auf dem Modell in einer Graphitbox oder unter Schutzgas gesintert wird, dadurch gekennzeichnet, daß der modellierte und zunächst an Luft 5 bis 25 min getrocknete Zahnersatz 5 bis 45 min zwischen 100°C und 400°C wärmebehandelt, danach auf 800°C mit einer mittleren Temperaturerhöhung von 50 bis 300 K/min erhitzt und oberhalb 800°C mit einer mittleren Temperaturerhöhung von 20 bis 200 K/min an Luft in der Graphitbox oder unter einem Schutzgas auf die Sintertemperatur T gebracht wird, die zwischen ($T_{solidus} - 200^\circ\text{C}$) und ($T_{solidus} - 70^\circ\text{C}$) liegt, wobei $T_{solidus}$ die Solidustemperatur der gesinterten Legierung ist, bei dieser Temperatur 5 bis 45 min an der Luft in der Graphitbox oder unter Schutzgas gesintert wird und anschließend die Abkühlung zwischen 900°C und Raumtemperatur unter einem Schutzgas oder bei Verwendung einer Graphitbox unter einem Vakuum von 50 bis 1 HPa erfolgt.

2. Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlung zwischen 100°C und 400°C 5 bis 25 min und das Sintern 10 bis 30 min durchgeführt wird.

3. Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufheizen auf Sintertemperatur, das Sintern und die Abkühlung unter Schutzgas durchgeführt wird, wobei der Sauerstoffpartialdruck im Ofenraum kleiner 5×10^{-2} HPa beträgt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

